

# ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА МН19

*Новикова О.С., Низамутдинова М.Ф., гр. Мт-56091,*

*Руководитель - проф., д.т.н. В.Р. Бараз*

УрФУ им. Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

vodohlebchik@mail.ru

Сплавы меди с никелем отличаются хорошими механическими свойствами, коррозионной стойкостью, технологичностью и особыми электрическими характеристиками, что обуславливает широкое применение их в технике.

Медь образует с никелем непрерывный ряд твердых растворов. Никель существенно упрочняет медь, но при этом показатели пластичности и ударной вязкости практически не меняются. Никель повышает характеристики жаропрочности, модуль упругости и понижает температурный коэффициент электросопротивления меди. Кроме того, особое внимание привлекает применение медно-никелевых сплавов в качестве материалов для изготовления ювелирных и художественных изделий.

Одним из известных сплавов на Cu-Ni основе является мельхиор марки МН19. Он характеризуется однофазным состоянием, поэтому единственным способом повышения прочностных свойств оказывается деформационный наклеп, поскольку традиционные приемы термического упрочнения за счет эффекта дисперсионного твердения оказываются в принципе невозможными.

Были проведены эксперименты по термической обработке деформированного сплава МН19. С этой целью плоские образцы (вырезанные из полосовой заготовки) деформировались на лабораторном стане с обжатием  $\varepsilon$  (после закалки в воду от 800 °С, 30 мин) на величину 30, 50 и 75 % до толщины 0,45, 0,75 и 1,05 мм соответственно. Затем прокатанные образцы подвергались последующему последеформационному нагреву в диапазоне 100...800 °С в течение 30 мин. На этих образцах проводились металлографическое изучение структуры, а также измерение микротвердости  $HV_{100}$ .

Оценка электросопротивления  $\rho$  выполнялась стандартным четырехконтактным методом; образцами служила проволоочные заготовки диаметром 0,22 мм и длиной 120...140 мм, обработка которых была выполнена по режиму: отжиг при 800 °С и последующее холодное волочение ( $\varepsilon = 75$  %). Измерение электросопротивления осуществлялось в условиях непрерывного нагрева со скоростью 120 град/час.

Деформационное упрочнение сплава корректно описывается полиномом второй степени (рис.1). На рис. 2 приведены данные, иллюстрирующие изменение  $HV_{100}$  в условиях последеформационного

нагрева. Как видно, на стадии возврата (в низкотемпературном интервале) наблюдается относительно монотонное снижение микротвердости, которое затем сменяется скачкообразным падением вследствие прохождения первичной рекристаллизации. При этом регистрируется хорошо известная зависимость – усиление величины предварительной деформации приводит к снижению температурного порога рекристаллизации. В данном сплаве повышение степени обжатия с 30 до 75 % приводит к снижению  $t_{\text{рекр}}$  почти на 150 °С. Высокотемпературный отжиг при 800 °С нивелирует наблюдаемую разницу в исходных значениях твердости и она становится практически одинаковой для всех вариантов предварительных обжатий (около 100 HV<sub>100</sub>).

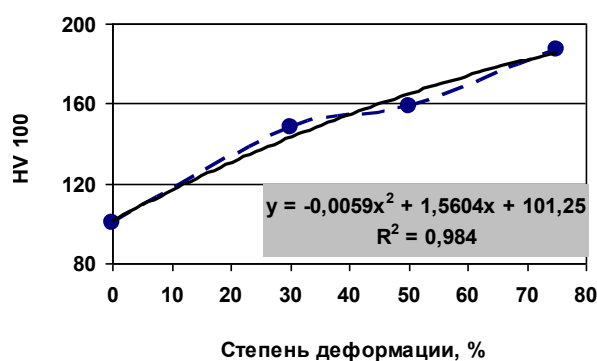


Рисунок 1. Кривая деформационного наклепа сплава МН19

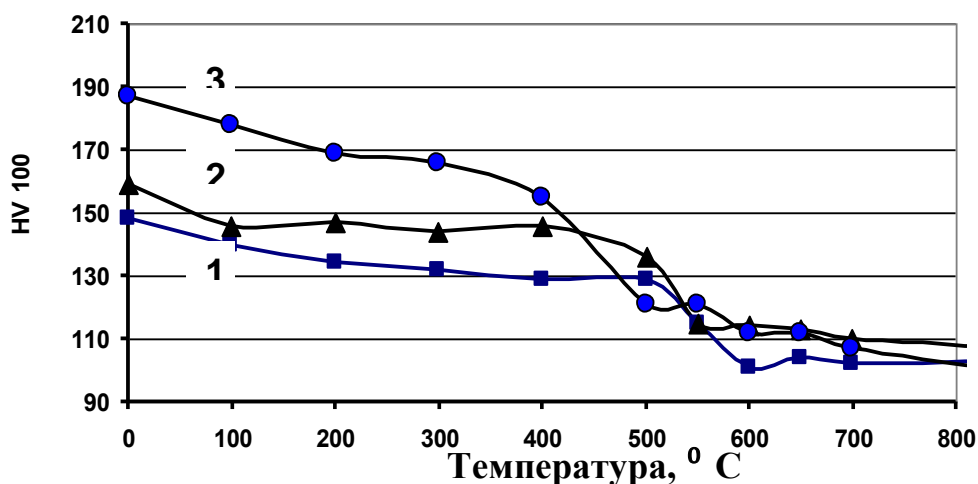


Рисунок 2. Температурная зависимость микротвердости сплава МН19, деформированного на 30 (1), 50 (2) и 75 % (3)

Типичные структуры сплава в деформированном и рекристаллизованном состояниях показаны на рис.3.

На рис. 4 представлены данные, иллюстрирующие изменение электросопротивления  $\rho$  при нагреве деформированного ( $\varepsilon = 75\%$ ), а также отожженного мельхиора. Эти данные позволяют фиксировать для деформированного сплава развитие стадии возврата – полное

восстановление  $\rho$  происходит при температурах, которые ниже (примерно на 100 °С) зарегистрированного температурного порога рекристаллизации. Подобная зависимость укладывается в существующие представления об изменениях регистрируемых физических характеристик – электросопротивление преимущественно реагирует на концентрацию вакансий, а микротвердость на плотность дислокаций.

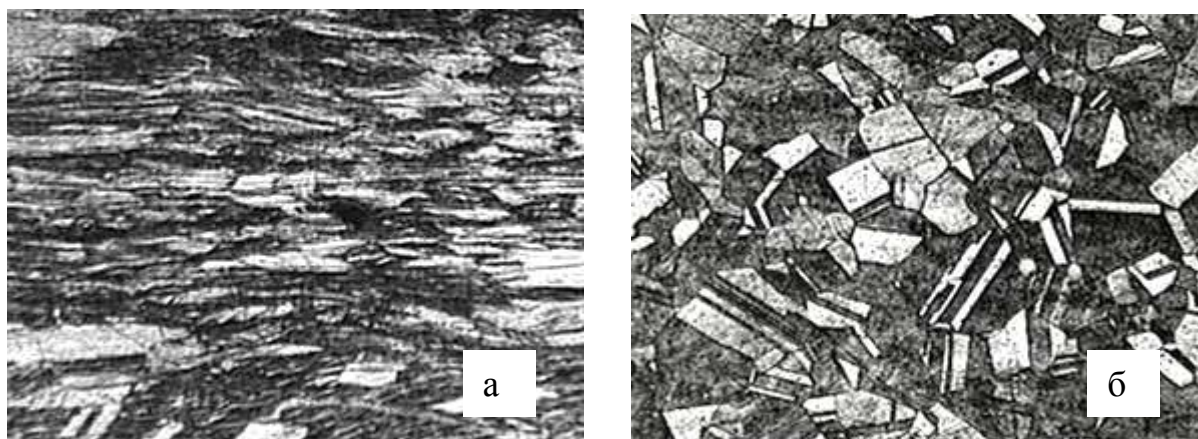


Рисунок 3. Структура сплава МН19 в деформированном (а) и рекристаллизованном (б) состояниях ( $\times 100$ )

При этом повторный нагрев образца после рекристаллизационного отжига (см. кривую 2) позволяет наблюдать полную обратимость электросопротивления – температурное изменение  $\rho$  описывается классической линейной функцией.

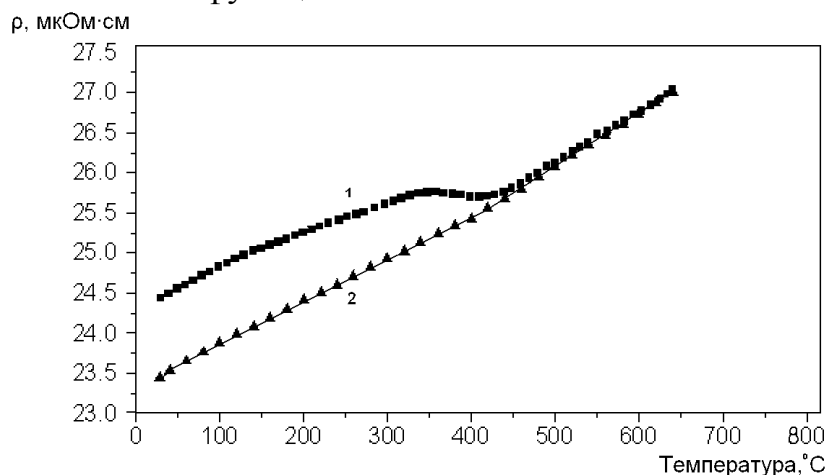


Рисунок 4. Изменение удельного электросопротивления при нагреве деформированного на 75 % (1) и отожженного (2) сплава МН19

Тем самым при анализе температурной зависимости деформированного мельхиора МН19 по изменению микроструктуры и микротвёрдости можно судить о температуре начала рекристаллизации, а по поведению электросопротивления – о температуре возврата.